Aus dem botanischen Institut der Universität Königsberg i. Pr.

Untersuchungen

über die Regeneration der Sproßspitzen von Elodea.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Philosophischen Fakultät

der Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr.

vorgelegt

von

Regina Cahn,

geb. Jadlowker.

Buchdruckerei Johann G. Gallathe, Königsberg i. Pr. :: 1921.

Gedruckt mit Genehmigung
der Philosophischen Fakultät der Albertus-Universität
zu Königsberg i. Pr.

Referent: Professor Dr. Mez.

Ihrem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. **Carl Mez**

als ein geringes Zeichen

der Dankbarkeit und Verehrung.

Die Verfasserin.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153514_0109

Einleitung.

Wir unterscheiden nach Winkler[66] (S 659) bei der Wiederherstellung verletzter Pflanzenkörper zwei Vorgänge: die Reparation, d. i. die Wiederherstellung des Organs von der Wundfläche aus (bei höheren Pflanzen bisher selten beobachtet), auch echte Regeneration oder von Kuester[25] Restitution genannt, und die Regeneration (nach Pfeffer[41] Reproduktion) durch Aktivierung ruhender Vegetationspunkte. Goebel[13] (S. 36) will nur dann von Regeneration der Pflanze sprechen, wenn sie da Adventivknospen bildet, wo solche vor der Operation nicht vorhanden waren.

Die Regenerationsfähigkeit an einzelnen Zellen ist schon von älteren Botanikern festgestellt worden. Bekannt sind die Versuche von Klebs[23] und anderen Forschern an Zellen, bei denen mittels Plasmolyse der Protoplast von der Zellmembran entfernt und daraufhin die Zellmembran im Inneren der alten Zellhaut neu gebildet wurde.

Von Kuester[25] ist beobachtet worden, daß auch an den Brennhaaren von Urtica dioica die abgebrochene Spitze des Brennhaares durch eine neue, dünnwandige an der Bruchstelle ersetzt werden kann.

Die Regeneration kann auch darin bestehen, daß der Verlust eines Körperteils die stärkere Ausbildung eines anderen zur Folge hat. Das wäre die kompensatorische Regulation.

Wenn die Kompensation nicht in Gestaltsveränderungen bestimmter Organe sich äußert, sondern nur auf allgemeiner Vermehrung und Vergrößerung der Zellen beruht, so spricht man von kompensatorischer Hypertrophie.

Echte Regeneration der Wurzelspitzen höherer Pflanzen ist allgemein verbreitet, bezüglich der Sproßspitzen aber sind nur sehr wenige Fälle beschrieben und auch diese sind noch teilweise zweifelhaft.

Meine Aufgabe bestand darin, die Regeneration der Sproßspitzen von Wasserpflanzen zu untersuchen. Herr Professor Dr. C. Mez, welchem ich für Überlassung des Themas zu besonderem Dank verpflichtet bin, hatte gelegentlich beobachtet, daß infolge von Zerstörungen durch Anguillula bei Elodea canadensis

manchmal mehrere gleich große Vegetationspunkte sich an der Spitze von Laubsprossen vorfinden.

Bevor ich meine an Elodea gemachten Beobachtungen darstelle, ist es aber notwendig, näher auf die Regeneration der Wurzel einzugehen, demjenigen Teil, bei dem die Analyse des Regenerationsverlaufes am besten durchgeführt worden ist.

Regeneration an Wurzeln.

An der Wurzel finden nur echte Regenerationen statt. Die Regeneration der Wurzelspitze ist zuerst im Jahre 1872 von Ciesielski[7] beschrieben worden. 1873 erschien die Arbeit von Prantl[42], der die Versuche Ciesielski's[7] bestätigte und sie erweiterte. Werden 1 bis 2 cm lange Keimwurzeln von Zea Mays, Pisum sativum und Vicia Faba durch einen scharfen Schnitt ihrer äussersten Spitze beraubt und dann in feuchten, lockeren Sägespänen weiter kultiviert, so entsteht an der Schnittfläche bald ein Kallusgewebe, in dem sich die Wurzelspitze mehr oder weniger vollkommen regeneriert. Die Art und Weise der Regeneration hängt von der Lage der Schnittfläche ab. Eine vollkommene Regeneration der Wurzelspitze findet statt, wenn der Schnitt da geführt wird, wo die bogige Anordnung der Zellreihen in die gerade übergeht.

Zunächst bildet sich im entstandenen Kallus eine neue Epidermis, wodurch der äussere Teil des Kallus gleich als neue Wurzelhaube ausgestaltet wird.

Durch Schrägteilungen entstehen dann auf der Innenseite des Dermatogens die bogenförmig angeordneten Zellreihen des Periblems; die Ausbildung des Pleroms folgt.

Sämtliche Teile schliessen sich den älteren gleichnamigen Gewebepartien so vollkommen an, dass später eine Grenze nicht mehr aufzufinden ist.

Trifft der Schnitt ältere Partien, so bildet sich zwar noch Kallus, es tritt aber keine Regeneration ein. Schiefe Schnitte führen selbstverständlich zu komplizierten Verhältnissen. Auch in längsgespaltenen Wurzeln findet Kallusbildung und Regeneration der Wurzelspitze statt. Dem histologischen Standpunkte gewähren die Versuche Prantl's insofern ein hohes Interesse, als sie zeigen

dass an der regenerierenden Wurzelspitze, die weder Dermatogen, noch Periblem, noch Plerom besitzt, dennoch sich Epidermis, Rinde, Fibrovasalkörper und Wurzelhaube entwickeln.

An solchen Wurzeln (von Zea Mays), die ganz nahe am Scheitel quer abgeschnitten waren, ergab die anatomische Untersuchung nach 24 Stunden, dass sich die der Schnittfläche angrenzenden Zellen in die Länge gestreckt hatten und mit verschiedener Intensität über die Schnittfläche hinausgewachsen waren; die Gestalt der Wundfläche geht dadurch von der ebenen in eine flach paraboloïdische über.

Nach weiteren 24 Stunden beginnt an der regenerierenden Wurzelspitze die Anlage einer neuen Epidermis und die Bildung der provisorischen Wurzelhaube.

Nach etwa 2 Tagen ist ein neuer normaler Vegetationspunkt vollständig ausgebildet.

In einem abnormen Falle beobachtete Prantl das Auftreten zweier Wurzelscheitel an Stelle eines einzigen; die wahrscheinliche Ursache davon findet er in mechanischer Verletzung.

Am Schlusse seiner Abhandlung verallgemeinert Prantl die Ergebnisse seiner Untersuchung dahin, dass er sämtlichen Angiospermenwurzeln die Fähigkeit der Regeneration zuspricht.

1896 nahm Loprioré[34] diese Untersuchungen wieder auf. Er untersuchte die Regenerationsvorgänge an gespaltenen Wurzeln eingehender, was bereits Frank[12] 1868 an den Wurzeln von Pisum sativum, Phaseolus multiflorus u. a. unternommen hatte und von Sachs[46] 1874 wiederholt wurde.

Loprioré[34] konnte eine vollständige Regeneration, d. h. ein Selbständigwerden der Wurzelhälften mit eigener Epidermis, Rinde, Endodermis und normaler Orientierung der Gefässgruppen im Zentralzylinder bei allen seinen Versuchspflanzen erreichen

Besonders bemerkt Loprioré[34] noch bei gespaltenen und dekapitierten Wurzeln die ausserordentlich häufige Bildung von Nebenwurzeln.

1904 erschien die sorgfältige Arbeit von Simon[49]. Seine Ergebnisse gehen nicht wesentlich über die schon von Prantl[42] veröffentlichten hinaus.

Simon nennt diejenige Regeneration, bei welcher alle Gewebe der Wurzel teilnehmen und welche ohne Kallusbildung zustande kommt, die direkte.

Partiell nennt er die, bei welcher nur ein Teil der Wundfläche an der Wiederherstellung mitarbeitet.

Die Regeneration ist möglich, solange das Pericambium experimentell nicht gestört worden ist; sonst findet keine Regeneration statt.

Eine sehr interessante Beobachtung machte Simon, indem er einen Schnitt weit entfernt vom Vegetationspunkt anlegte, d. h. an der Grenze der Regenerationsfähigkeit des Zentralzylinders.

Dabei bildeten sich oft mehrere Vegetationspunkte. In dieser Gegend ist die Kontinuität des Pericambiums offenbar unterbrochen. Durch experimentelle Abtötung einzelner Zellkomplexe des Pericambiums konnte dasselbe Resultat erzielt werden. Wird 1 bis 3 mm dekapitiert, so erfolgt keinerlei Regeneration, sondern nur reproduktives Auswachsen von Nebenwurzeln.

Auch bei einer Spaltung der Wurzelspitze findet eine Ergänzung beider Hälften durch Neubildung von den einzelnen Gewebeelementen aus statt. Hier tritt die stufenweise Abnahme der Regenerationspotenzen des Pleroms am deutlichsten zutage.

Diese Erscheinungen sind identisch mit den Regenerationserscheinungen beim Spalten von Sprossspitzen, von denen unten weiter zu handeln ist.

Gleichzeitig mit Simon veröffentlichte Burns[5] seine Arbeiten über die Regeneration. Aus seinen Versuchen ergibt sich, dass an den untersuchten Wurzelspitzen die Regeneration eng mit dem Wundreiz verknüpft ist. Das verwundete Gewebe bildet eine konstante Reizquelle, die erst zu wirken aufhört, wenn die Regeneration vollständig ist.

Bei schrägem Abschneiden der Wurzelspitzen, wie dies Nêmec[38] (S. 41) 1905 gemacht hat, ist die Regeneration auf die distalste Spitze der Schnittfläche lokalisiert. Bei zwei Schrägschnitten von unten nach oben lässt sich eine Gabelung der Wurzelspitze herbeiführen. Auch bei seitlichen Verwundungen hat Nêmec Regenerationserscheinungen beobachtet, doch müssen die Wunden eine gewisse Grösse erreicht haben, damit sie nicht verheilen. Auch müssen Querschnitte tiefer ins Plerom einschneiden als Schrägschnitte. Wenn die Wurzel durch einen schräg von oben geführten, genügend tiefen Einschnitt verwundet wird, so differenziert sich dann die provisorische Wurzelhaube

und das neue Transversalmeristem nicht an der Schnittfläche, sondern innerhalb der intakten Wurzelhälfte im Wurzelmeristem.

Durch mehrere seitliche Einschnitte gelingt es, die Wurzel zur Regeneration mehrerer Spitzen zu veranlassen. Doch müssen nach Nêmec[38] (S. 106) die Verwundungen von entgegengesetzter Seite geschehen, dann müssen beide Einschnitte gleich tief sein, auch müssen sich beide Schnitte in der Zone der direkten Regenerationsfähigkeit (Simon) befinden.

Simon[49] (S. 124) beobachtete, dass die Spalthälften nie verwachsen, wenn die Wurzeln dekapitiert und gespalten werden. Dies erklärt sich durch die traumotropen Krümmungen, die von Darwin[8] entdeckt worden sind.

Bei einseitigen Verletzungen einer Wurzel oder eines Stengels findet eine derartige Krümmung statt, dass die Wunde auf die konvexe Seite der Krümmung zu liegen kommt. Bei Längsspaltungen gesellen sich noch Torsionen hinzu.

Die Krümmung ist hierbei bedingt durch die Gewebsspannung der verletzten Teile. Sobald das Verwachsen eintritt, lassen die Krümmungen nach.

Dekapitation mit nachfolgender Längsteilung unterscheidet sich in ihren Folgen nicht von einfacher Längsteilung und einfacher Dekapitation. Doch kann der Regenerationsvorgang an der Dekapitationsschnittfläche ganz oder teilweise, — je nach der Tiefe des Einschnittes bei der Dekapitation der Wurzel und Verwundung der Schnittfläche gehemmt werden.

Beachtenswert ist noch die Arbeit von Ledoux[32] (S. 265) 1905. Seine meisten Versuche über die Regeneration von Wurzeln beziehen sich auf ganz junge Pflanzen. Verfasser hat mit Erbsen und Lupinen Versuche angestellt, die sich auf die Nebenwurzeln beziehen. Es ergab sich, dass bei verletzten Seitenwurzeln zwar manche Unterschiede im anatomischen Bau auftraten, aber niemals Regeneration der verletzten Teile zu beobachten war.

Zuletzt sei noch die Arbeit von Stingl[51] erwähnt. Auch er erzielte Gabeläste mit zwei besonderen Vegetationspunkten, wenn er Wurzeln von Zea und Vicia Faba durch mediane $^1/_2$ bis 1 mm tiefe Einschnitte spaltete. Dies trat auch ein, wenn die Wurzeln vorher dekapitiert waren. Aehnliche Gabelungen erhielt Stingl auch, wenn die Wurzeln in Röhren wuchsen und auf einen als Hindernis ausgespannten Faden stiessen.

Regeneration an Stengeln.

Regeneration nach Stengeldekapitation ist nach Morgan[37] (S. 93) noch nicht festgestellt worden, wenn man von dem von Beyerinck[4] (S. 121) gelegentlich mitgeteiltem Falle absieht, wo nach querer Abtrennung einer Seitenknospe von Salix amygdalina dieselbe regeneriert hat.

Aber nach Göbel[14] (S. 432) ist es zweifelhaft, ob es sich hier nicht um das Austreiben einer in der Anlage bereits vorhandenen Axillarknospe handelt.

Auch Reuber[43] (S. 336) hat diese Beobachtung Beyerincks angezweifelt.

Schilberszky[48] hat von den Stengeln einiger Phaseolus-Arten ein ganzes Stück abgetragen, indem er das Epicotyl oder das Hypocotyl mit einem scharfen Scalpell der Länge nach spaltete und sodann von einer Seite her zwei auf diese Richtung senkrechte Schnitte führte.

Dabei hat der Verfasser die Bildung einer neuen Zuwachszone festgestellt, die er mit dem Ausdruck: „extrafaciculares Ersatzbündel“ bezeichnet.

Als Initialschicht dieser neuen Zone ist die Stärkescheide zu betrachten.

Eine vollständige Wiederherstellung gespaltener Stammspitzen derart, dass die fehlende Hälfte ergänzt wird, ist von Lopriore[33] (S. 410) 1895 bei Helianthus, Acer, Vitis, Ampelopsis, Glycine, Amygdalus, Hedera, Nerium, Salix, beobachtet worden.

Was den Regenerationsprozess des gespaltenen Stengels betrifft, so erfolgte derselbe gewöhnlich durch Einkrümmung der beiden Ränder seiner Spalthälften. Infolgedessen entsteht eine tiefe Rinne, die allmählich ausgefüllt wird. An der Wundfläche bildet sich zunächst ein Wundgewebe, in welchem sich eine isolierende Schicht im Sinne Bertrands[2] (S. 48) konstituiert, die aus parallel zur Wundfläche geordneten Elementen besteht.

Die Elemente des Wundgewebes zeichnen sich im Vergleich zu denen des normalen Gewebes durch die auffällige Verdickung und Verkorkung ihrer Wände und durch ihre regelmässige, der Wundfläche parallele Anordnung aus. Indem der Regenerationsprozess weiter geht, nehmen die weiteren Elemente normalen Charakter und normale Anordnung an.

Die Vollständigkeit der Regeneration hängt von der Zeit der Operation ab. Wird bei Helianthus der Schnitt vor Anlage des endständigen Blütenköpfchens angelegt, so regenerieren beide Stengelhälften sich zu normalen vollpotenten Vegetationspunkten.

Auch Kny[26] führte 1905 hinreichend frühzeitige Längsspaltung der köpfchentragenden Stammspitze aus und erhielt zwei Bütenköpfchen, die an der Wundfläche Neubildungen aufwiesen.

Nach Kny's Beobachtungen setzte sich an beiden Teilköpfchen der Hüllkelch kontinuierlich über die Wundfläche fort und ebenso umrandeten die Strahlenblüten dieselben lückenlos.

Wird aber nach Anlage des Köpfchens operiert, so ist die Regeneration eine mehr oder weniger unvollständige.

Peters[40] hat die Versuche Lopriore's 1897 bestätigt und dann noch das Verhalten der Spalthälften bei ungleicher Teilung untersucht.

Der Hauptunterschied ist der, dass die dünnere Spalthälfte im allgemeinen langsamer wächst als die dickere.

Reuber[43] (S. 332) beschreibt einige Fälle von direkter Regeneration des Sprossvegetationspunktes bei teilweisem Abtragen der Knospe.

Zu den Versuchen wurden 26 Zweigenden von Populus nigra genommen, deren Endknospen geschlossen, also noch nicht im Austreiben begriffen waren. Mit dem Rasiermesser wurden nun transversale Schnitte abgehoben bis der Vegetationspunkt mittels des Mikroskops im Schnitt nachgewiesen wurde.

Von den 26 zeigten 21 deutliches Wachstum am Vegetationspunktstumpf.

Die Wachstums- und Bildungsprozesse lassen sich nach Reuber in zwei Typen ordnen: der erste zeigte sich bei fünf Zweigenden. Es bildete sich bis zum Versuchsende nach 24 Tagen apikal ein etwas abgerundeter Zapfen, der etwa 1 bis 3 mm über die Schnittfläche ragte. Mikroskopisch zeigte sich, dass das Prokambium und die ersten Gefässbündel bis an die Schnittfläche reichten.

Eine typische Regeneration derart, dass ein neuer Vegetationspunkt mit Blattanlagen sich gebildet hätte, lag hier nicht vor.

Die übrigen 16 Zweigenden zeigten fortschreitendes Wachstum, und zwar die meisten derart, dass der stehengebliebene

Stumpf des Vegetationspunktes sich auf einige bis zu 5 mm verlängerte und verdickte. An ihm sassen in den Achseln der Blattstümpfe ausgetriebene Sprossanlagen. Ob diese Stümpfe durch Zellvermehrung oder Zellstreckung wuchsen, wurde nicht untersucht, es wurde nur festgestellt, dass an der Schnittfläche zum Teil Zellsprossungen auftraten.

Diese Ausbildung ist nicht als direkte Regeneration, sondern als Restitution anzusehen. In wenigen Fällen dagegen sind Zellteilungs- und Zelldifferenzierungsvorgänge vorgegangen, die nach Reubers Angabe zu einer direkten oder echten Regeneration des Vegetationspunktes führten oder vorbereitende Stadien einer solchen verwirklichten.

Nur in einem einzigen Fall gibt Reuber[43] (S. 333) an, einen vollständig regenerierten Vegetationspunkt mit Blättern erhalten zu haben; an fünf weiteren Objekten wurden „abgerundete, breite Vegetationspunkte ohne Blätter“ konstatiert.

Hierzu ist zu bemerken, dass diese Untersuchungen nicht in allen Stücken ein einwandfreies Ergebnis geliefert haben. Um die stattgefundene Regeneration nachzuweisen, muss gefordert werden, dass der neu gebildete Vegetationspunkt alle Eigenschaften des durch Operation entfernten hat. Notwendigerweise gehören dazu auch die Blattanlagen. Dieser Erfordernis entsprach nur ein einziger der von Reuber beschriebenen Regenerationsprodukte.

Es erscheint die Möglichkeit, dass in diesem einen Fall die Operation des ursprünglichen Vegetationspunktes nicht geglückt war, keineswegs ausgeschlossen. Die Art der Präparation mittels Querschnitten voluminöser Organe, wie dies die Winterknospen von Populus sind, bietet zu viele Fehlerquellen, um ein einziges positives Ergebnis als beweiskräftig ansehen zu können. Dies ist umso weniger hier der Fall, als die Vegetationsspitzen selbst kurz und stumpf sind, also sich vom übrigen zentralen Gewebe der Knospe nur wenig abheben.

Sehr viel geeigneter für derartige Untersuchungen sind die Vegetationsspitzen von Elodea, welche in jedem Lehrbuch geradezu als Paradigmata verwendet werden, leicht frei präparierbar sind und deshalb in allen Beziehungen ein genau kontrollierbares Arbeiten erlauben.

Regeneration an der Sproßspitze von Elodea.

Meine Versuchspflanzen waren Elodea canadensis und Elodea densa. Ich versuchte auch die Regeneration an der Vegetationsspitze von Myriophyllum zu verfolgen, doch waren die technischen Schwierigkeiten augenblicklich nicht zu überwinden, infolge des wie bei Populus tiefsitzenden kleinen Vegetationskegels.

Der technische Teil meiner Arbeit bestand darin, dass ich die im Zusammenhang mit dem Stengel gebliebene Vegetationsspitze der Elodea mit 2 Nadeln freilegte, indem ich mir Mühe gab, die obersten jungen Blätter möglichst wenig zu schädigen. Dann schnitt ich mit Hilfe des Mikroskops unter Wasser den äussersten Teil des Vegetationskegels mit einer Scheere ab. Die dekapitierten Sprosse brachte ich ins Wasser.

Die erste, durch korrelativen Einfluss der Sproßspitze entstandene Veränderung am normalen Bau der Pflanze trat gleich in der Weise ein, dass die fast ausgewachsenen Blätter in der Nähe der Vegetationsspitze, welche normal schräg aufwärts stehen, sich steil nach oben richteten und so eine Schutzhülle um die verwundete Spitze bildeten. Nach einigen Tagen waren die Blätter meist ganz geschlossen.

Auch Bässler[1] (S. 67) hat darauf hingewiesen, dass die jüngsten entfalteten Blätter orthotroper Sprosse die Fähigkeit besitzen, auf das Dekapitieren mit einer gewissen Aufrichtung zu reagieren. Sie tun dies umso besser, je näher die Wunde der Ansatzstelle der Blätter sich befindet. Ist die Wunde über eine gewisse Grenze hinaus entfernt, so tritt keine Reaktion mehr ein.

Ohne Zweifel haben wir es hier mit einer reinen Korrelations-Erscheinung zu tun.

Sobald an einem präparierten Exemplar eine Seitenknospe beobachtet werden konnte, entfernte ich dieselbe, um die Nahrungszufuhr für die Sproßspitze nicht zu vermindern.

Nach 3 bis 8 Tagen schnitt ich die Sproßspitzen von den Pflanzen ab und zerlegte dieselben nach der Einbettung in Paraffin in Mikrotomserien.

Ich habe einige Hundert Sproßspitzen dekapitiert und konnte echte Regeneration in sehr vielen Fällen beobachten.

Zwar habe ich in einer ungünstigen Vegetationszeit (Herbst und Winter) den grössten Teil meiner Arbeit durchgeführt und dieser Faktor hat zweifellos bei manchen ungünstigen Resultaten mitgesprochen, denn die Ergebnisse, die ich im Frühling erzielte, waren so gut, dass fast jede operierte Vegetationsspitze regenerierte.

Unter den vielen Fällen, die während meiner Arbeit vorkamen, tauchte eine ganze Anzahl von Fragen auf, die näher zu untersuchen waren.

Sie betreffen zunächst die Art der Auslösung der Regeneration, weiter die Art der Neubildung und Differenzierung des Regenerats, schliesslich die Frage nach den Faktoren, welche den Regenerationsvorgang beherrschen.

Was die äusseren Faktoren anlangt, die die Regeneration der Sproßspitzen bedingen, so ist das Studium dieser Frage noch weit nicht erschöpft. Es ist nicht undenkbar, dass diese Faktoren nicht nur die Intensität, die Dauer der Regeneration beeinflussen, sondern auch ihre Qualität, d. h. die Art, wie die neue Spitze zustande kommt.

Durch die Einwirkung der äusseren Faktoren liessen sich weiter vielleicht noch besser die einzelnen Phasen des Regenerationsprozesses von einander trennen, man könnte dann viel besser seine Komponenten feststellen. (Vergl. Nêmec[38] (S. 8).

Meine Versuche habe ich vielmals wiederholt und dabei individuelle Variationen so mannigfaltig gefunden, dass ich verschiedene Resultate bekommen habe. Diese Verschiedenheiten könnten vielleicht dadurch bedingt sein, dass trotz allen Bemühungen an den so kleinen Objekten nicht alle Operationen ganz identisch durchgeführt wurden.

Äußere und innere Erscheinungen an den dekapitierten Sproßspitzen.

Schon bei äusseren Untersuchungen konnte ich nach drei Tagen wahrnehmen, dass der verwundete Vegetationskegel sich vergrössert hatte und oft recht ansehnlich aufschwoll.

Oft ist im Innern des Vegetationskegels eine vermehrte und verstärkte Zellteilung eingetreten, welche das Ende des Stengels stark, manchmal kolbig aufschwellen liess. Am lebhaftesten gehen diese Teilungen im Plerom vor sich, und die später ge-

bildete neue Vegetationsspitze wölbt sich über den übrigen Vegetationskegel ein wenig, aber immerhin deutlich hervor.

Die ursprüngliche ebene Wundfläche erscheint gleich einige Zeit nach der Dekapitierung wieder fast halbkugelig, was auf stärkeres Wachstum der inneren Zellenzüge zurückzuführen ist.

Es ist aus der Analogie der Wurzelspitze Nêmec[38] (S. 175) anzunehmen, dass das Plerom (d. h. die Anlage des Zentralzylinders) stark hervorwächst, ein wenig schwächer verlängern sich die inneren Rindenschichten, noch schwächer die epidermale Lage. Im Zentralzylinder sind Unregelmässigkeiten nicht selten zu beobachten. Dieselben können dadurch bedingt werden, dass manche Zellen, wenn sie vom Schnitt getroffen werden, absterben, wodurch gewissermassen eine ins Plerom ziemlich tiefgehende Wunde entsteht. Diese Lücke wird von den Nachbarzellen ausgefüllt, doch bleibt diese Stelle im Zuwachs hinter den übrigen Teilen der Wundfläche zurück.

Durch die Hemmung des normalen Verlaufes an dem Wachstum der dekapitierten Spitze häufen sich die Zellteilungen der unteren Schichten an, und es entsteht die knollenförmige Anschwellung. Auch die Breite der Zellen einzelner Reihen nimmt gegen die Wundfläche allmählich zu, um dann wieder abzunehmen. Dabei konnte ich zahlreiche Kernteilungsfiguren an der Sproßspitze beobachten. Auch habe ich manchmal an den anliegenden Zellen der Wundfläche eine Vergrösserung der Zellen und Zellkerne beobachten können.

Die Anschwellung des Vegetationskegels ist von der Entfernung der Schnittfläche von der ursprünglichen Spitze abhängig.

Falls die Dekapitierung die Grenze der regenerationsfähigen Zellen überschritten hat, sehen wir in diesem Stadium eine Zone an der Oberfläche sich bilden, deren Zellen anders aussehen als die übrigen und sich durch ihre braune Färbung auszeichnen.

Wo solch eine gebräunte Stelle in einiger Entfernung von der Wundfläche oder an ihr sich einstellte, war keine Regeneration zu erwarten.

Dieses sich bräunende Gewebe trat am häufigsten während der im Winter durchgeführten Operationen auf; es stellt ein Wundabschluss-Gewebe dar. Tritt es auf, so ist regelmässig eine rege Tätigkeit der Anlagen der Seitenknospen zu beobachten.

Die Geschwindigkeit der Regeneration hängt mit der Entfernung des Querschnittes von der Sproßspitze zusammen. Je näher der Schnitt der Spitze liegt, desto schneller verläuft die Neubildung der Spitze.

Mit der Ausbildung des Wundabschluss-Gewebes dagegen hört die Zellteilung an der Wundfläche auf. Augenscheinlich bewegen sich dann alle Nährstoffe in die Richtung der Seitenknospen, die nicht ihr sonst normales Aussehen, sondern eine beträchtliche Anschwellung aufzuweisen hatten. Dies ist der Fall einer kompensatorischen Hypertrophie, die eine Vermehrung und Vergrösserung der Adventivknospen herbeiführt.

Während bei normalen Verhältnissen Seitenknospen nur sehr spärlich ausgebildet werden, ist zu beachten, dass bei solchen dekapitierten Sprossen eine vermehrte Seitenknospenbildung in der nächsten Nähe der operierten Spitze, und zwar öfters gerade an den knollig aufgeschwollenen Teilen besonders ins Auge fällt.

Auch möchte ich an dieser Stelle einen Fall schildern, wobei ich die Spitze schräg von oben abgetragen habe. Hierbei bekam ich keine Regeneration, was vielleicht folgendermassen zu erklären ist: Der obere Teil der Wundfläche bestand nur zu einem kleinen Teil aus Zellen, die regenerationsfähig waren und sich zu Initialen umbilden konnten, während der untere Teil schon in die Zone reichte, wo keine Regeneration mehr möglich ist. Diese ungleiche Regenerationsfähigkeit der der Wundfläche anliegenden Zellen kombiniert sich mit dem Umstande, dass die Wundfläche schräg geneigt ist. (Vergl. Nêmec[38] S. 240). Die neue Spitze kann nur aus dem Zellenmaterial gebildet werden, welches den Initialen am nächsten ist, d. h aus den jüngsten Zellen, welche die Vegetationsspitze zur Disposition hat.

Regenerationsverlauf.

Bevor ich näher auf die Resultate meiner Versuche eingehe, möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass nicht alle Operationen an den Sproßspitzen von Elodea canadensis und Elodea densa völlig identisch durchgeführt werden konnten und sich daher auch verschiedene Variationen ergaben. Es lassen sich jedoch nach der Art der Regenerationsbildung bei allen den Regenerationsvor-

gängen, die ich im Verlaufe meiner Arbeit verfolgen konnte, alle erzielten Resultate auf vier Gruppen zurückführen:

1. Direkte Regeneration.

Wenn ich in meinen Versuchen die Vegetationsspitze so abgetragen hatte, dass sich dabei die echte Regeneration zeigte, welche unter die Simonsche Bestimmung der „direkten" fällt, so ist die neue Spitze ohne dazwischen tretende Kallusbildung entstanden, d. h. ohne eine Kallushyperplasie.

Die Art, wie die „direkte" Regeneration geschieht, ist die gleiche, wie sie bei der Regeneration der Wurzel-Vegetationsspitze erfolgt.

Zuerst kommen in der Spitze innere vorbereitende Vorgänge in Gestalt lebhafter Zellteilungen zustande, dann wölbt sich die Wundfläche durch eine stärkere Streckung des Pleroms hervor.

Der Stumpf des Vegetationskegels schwillt zunächst an, was durch die energische Teilung der Zellen hervorgerufen wird. Besonders deutlich ist die intensive Kern- und Zellteilung im Plerom und hier sieht man, dass die hervorgewölbte, durch Anhäufung der Zellen ausgezeichnete Vegetationsspitze aus demselben entstanden ist. Die Blattanlagen entstehen, indem die Zellteilungen schräg zur Periklinen gerichtet werden. Die Zellen erscheinen öfters im Innern des Pleroms grösser als bei intakten Vegetationsspitzen und die Teilungen haben eine Tendenz zu horizontaler Richtung.

Einen andern Fall der direkten Regeneration, aber in einem weiteren Stadium der Entwickelung zeigt Fig. 1 von Elodea densa. Der Vegetationskegel ist vollkommen regeneriert. Er unterscheidet sich vom völlig intakten nur dadurch, dass er breiter erscheint, auch ist die Regenerationsspitze erst in Ausbildung begriffen. Wir sehen, dass auch hier die Regeneration ohne Kallusbildung zustande gekommen und dass die Schnittfläche nicht mehr aufzufinden ist. Eine deutlich abgegrenzte Schicht an der Oberfläche ist die Epidermis. Darunter liegen die Zellen des Periblems und Pleroms, doch ist eine scharfe Grenze zwischen ihnen nicht aufzufinden. Die Zellen dieser Schichten haben grosse Zellkerne, die teilweise in Teilung begriffen sind. Auch Blattanlagen zeigen sich bereits. Die Zellen des Periblems zeigen Teilungen nach verschiedener Richtung. Die Zellen des Pleroms

zeigen wechselnde Gestalt. Manche Zellen sind länger, die anderen breiter. In ihnen ist das Bestreben nach horizontaler Teilung und Anordnung in regelrechten Reihen zu beobachten. In der Mitte des Pleroms zeigen sich die Zellen grösser, während sie in der Nähe der Vegetationsspitze kleiner werden. In den späteren Stadien der Entwickelung solcher direkt regenerierender Vegetationskegel verschwindet zunächst die starke Anschwellung und die Spitze wird lang ausgezogen; Blatthöcker werden allseitig aus der vollständig ausgebildeten Epidermis ausgegliedert. Die Blätter des Sprosses neigen sich zur Vegetationsspitze hin, der sich über dieselbe ein Stück hervorhebt.

In Fig. 2 sehen wir eine direkte Regeneration aus der Wundfläche in vollkommener Ausbildung und in weit vorgeschrittenem Stadium. Die neugebildete Vegetationsspitze hat die Schnittfläche vollständig ausgefüllt und eine Grenze zwischen beiden Teilen ist nicht mehr aufzufinden. Bemerkt sei, dass die neu entstandene Vegetationsspitze ein wenig zur Seite geneigt ist, was auf traumatroper Krümmung beruht. Dass es sich in derselben um Reiz-Krümmungen handelt, kann besonders nach der Arbeit von Spalding[50] kaum bezweifelt werden. Der Vegetationskegel zeigt keine Anschwellung mehr, ist langgestreckt und unterscheidet sich nicht von einem intakten. Die Epidermis ist vollständig, ebenso Periblem und Plerom. Ueberall sind längs der Epidermis die Blattanlagen deutlich zu erkennen, in deren Richtung eine vermehrte Kern- und Zellteilung zu sehen ist. Ebenso ist eine rege Teilung der Kerne an der Spitze des Vegetationspunktes vorhanden. Im Plerom sieht man die Zellteilung in einem Winkel von 45° zur Horizontalen gerichtet, die darauf hindeuten, dass die Teilung bald in normale Bahnen gelenkt werden wird, und zwar zur Horizontalen, wie es immer im Plerom der Fall ist. Die langgestreckten Zellen im Plerom sind deutlich zu erkennen.

2. Partielle Regeneration.

Während im vorhergehenden direkte Regenerationen beschrieben sind, treffen wir bei tiefer geführten Schnitten eine zweite Art des Ersatzes, bei der es zwar ebenfalls noch zur vollkommenen Restituierung der Spitze kommt, aber die Bildung des neuen Vegetationspunktes erfolgt nur aus einem Teil der Wund-

fläche, wo der Regenerationsvorgang lokalisiert und daher als partielle Regeneration zu bezeichnen ist.

Fig. 3 sehe ich als einen Fall von partieller Regeneration an, da die neuentstandene Vegetationsspitze nicht aus der ganzen Wundfläche sich gebildet hat, sondern nur aus dem Rand derselben, und zwar aus dem Periblem. Die neue Spitze ist von den aufgerichteten alten Blättern, die sich um die Wundfläche geschlossen haben, eingehüllt

Der Vegetationspunkt ist völlig ausgebildet mit seinen drei Histogenen und zeigt zu beiden Seiten einige Blattanlagen. Eine vermehrte Kern- und Zellteilung ist an der Basis und Spitze des Vegetationspunktes zu erkennen, der übrige Teil der Wundfläche ist nicht eben, es sind hier noch einige Zellteilungen oder Zellstreckungen vor sich gegangen. In der Nähe der Schnittfläche erheben sich kleine Höcker, die vielleicht zur Bildung weiterer Vegetationspunkte führen könnten. Zellteilungen in dieser Richtung sind zu sehen.

Ebenso beruht das Auftreten von zwei Vegetationspunkten (Fig. 4) auf partieller Regeneration, was mit den Ansichten Simons[49] (S. 113) übereinstimmt.

Wird der Querschnitt schon an der äussersten Grenze der regenerationsfähigen Zone geführt, so kann es durch die verschieden starke Aktivität der an der Schnittfläche beteiligten Zellen zum Auftreten von Zentren stärksten Wachstums kommen und es können, ebenso wie bei der Wurzelregeneration, zwei getrennte Vegetationspunkte entstehen.

Vielleicht entscheidet hier zu Gunsten bestimmter Stellen eine reichliche Ernährung, die die neuen Vegetationsspitzen hervorrufen. Es ist anzunehmen, dass die Zellen, welche die Kante ausbilden, einen grossen Strom von Nährstoffen erhalten, so dass hier Baustoffe in beträchtlicher Menge angesammelt werden, und zwar auf einer viel kleineren Fläche, als wenn z. B. die Vegetationsspitze von der ganzen Querschnittfläche aus regeneriert. (Vergl. Nêmec[38] S. 46).

Ich habe die Bildung zweier Spitzen an einem dekapitierten Spross von Elodea öfters beobachten können. Die Bildung der beiden Vegetationsspitzen war nach einigen Tagen vollendet. Die Nährstoffe, die zur verwundeten Stelle herbeiströmten, lokalisierten sich, wie wir aus Fig. 4 sehen, an zwei Punkten, wo die Bildung

zweier vollständiger Vegetationsspitzen hervorgerufen worden ist. Die neu entstandenen Vegetationsspitzen sind nicht gleich gross. Beide Vegetationsspitzen zeigen Blattanlagen, die als gewölbte Ausstülpungen aus der Epidermis hervortreten.

Wie ich schon erwähnt habe, ist die Bildung zweier Spitzen an dem verwundeten Vegetationspunkt bei der Wurzel in zahlreichen Fällen beobachtet worden.

3. Endogene Bildung der Vegetationsspitze.

In allen bisher erwähnten Fällen hatten wir es mit exogen ausgebildeten Vegetationsanlagen zu tun. Fig. 5 (von Elodea canadensis) zeigt aber einen Fall, wo eine neue Sprossvegetationsspitze auf endogenem Wege zustande kommt. Die Regeneration dieses Vegetationspunktes verläuft in den zwei Phasen der Anlage und der der Ausgestaltung.

Nach Grau[18] (S 69) besteht die Phase der endogenen Anlage bei der Regeneration durch Vermittelung eines Kallusgewebes in der Bildung eines homogen indifferenten Zellmaterials, während in der Phase der Ausgestaltung die Differenzierungsvorgänge in diesem Kallus vor sich gehen. Auf unserem Bilde haben wir es bereits mit einer ausgebildeten Vegetationsspitze zu tun, und die Ausdifferenzierung von periklin angeordnetem Dermatogen, Periblem und Plerom tritt deutlich zutage.

Dieser Sprossvegetationspunkt gleicht vollstandig, worauf auch Grau[18] (S. 25) bei der Tomate aufmerksam macht, einer jungen Wurzelanlage. Die kreisförmige, bezw. ovale Ansammlung embryonaler Zellen wird anfänglich von einer Reihe grösserer, unregelmässig aneinanderliegender Kalluszellen eingeschlossen. Die Verbindung zwischen den Zellen der Epidermis und denjenigen des umhüllenden Gewebes wird allmählich gelockert. In den Zellen des äusseren Gewebes entstehen Spaltungen, die durch Resorption der Intercellularsubstanz hervorgerufen werden und das Durchbrochenwerden des Kallusgewebes durch den neuen Vegetationspunkt erleichtern.

In einem vereinzelten Fall fand ich eine derartige endogene Regeneration einer Sproßspitze zusammen mit einer exogenen Regeneration aus der Wundfläche. Ein Teil der Wundfläche war mit einem Gewebe von toten Zellen, die eine unregelmässige Gestalt aufwiesen, versehen, während der andere mit einer neu-

gebildeten vollständigen Vegetationsspitze endete. Dieselbe war bereits mit einer Anzahl von Blatthöckern ausgestaltet und zeigte eine normale Anordnung ihrer Histogene. Unter dem Wundgewebe hat sich dazu noch eine endogen entstandene Vegetationsspitze gebildet. Die dicke Anhäufung von Zellen, die in Periklinen angeordnet sind, war im Periblem entstanden. Im Plerom des dekapitierten Sprosses richteten sich die Zellteilungen zu den Zentren der beiden Neubildungen.

4. Kompensatorische Hypertrophie.

Die verschiedenen Variationen des Regenerationsverlaufes, die bis jetzt beobachtet und beschrieben wurde, müssen noch ergänzt werden, durch das Auftreten einer vermehrten Seitenknospenbildung in der Nähe des Vegetationspunktes, wenn infolge zu tiefen Schneidens die Regeneration direkt aus der Schnittfläche ausbleibt. In dem durch Fig. 6 dargestellten Präparat haben sich die Nährstoffe noch in die Richtung der operierten Sproßspitze bewegt, worauf die andauernde Kern- und Zellteilung unterhalb des verwundeten Vegetationskegels hindeutet. An Stelle des absterbenden Vegetationskegels tritt eine neue Regenerationsspitze mit Blattanlagen hervor. Zu bemerken ist, dass zwischen den alten Blättern sich Achseltriebe in apikaler Reihenfolge gebildet haben.

Resultate.

1.

Aus den von mir beobachteten Fällen der direkten Regeneration, die ohne Kallusbildung zustande gekommen ist, können die einzelnen Phasen des Regenerationsverlaufes genau verfolgt werden. Es ist besonders hervorzuheben, dass

a) als erste Folge der Dekapitation die starke Anschwellung des Vegetationskegels infolge innerer Vorgänge zu bemerken ist;

b) die Ausbildung der Histogene: Dermatogen, Periblem und Plerom erst allmählich erfolgt und eine deutliche Differenzierung derselben nur im älteren Stadium der Entwickelung beobachtet werden kann, obgleich Periblem und Plerom nie scharf von einander abgegrenzt sind;

c) die neue Vegetationsspitze durch Hervorwölbung des Pleroms entsteht;
d) im späteren Stadium die Anschwellung nachlässt, um zuletzt ganz zu verschwinden;
e) Anlagen von Blatthöckern an der neuentstandenen Spitze überall vorhanden sind;
f) durch den Wundreiz traumatrope Krümmungen an der Vegetationsspitze folgen können;
g) die neu gebildeten Vegetationspunkte im Aufbau den intakten Vegetationspunkten gleich sind. Im Dermatogen treten die Teilungen senkrecht zu den Konturen des Vegetationspunktes auf, im Periblem finden Teilungen nach verschiedener Richtung statt, während das Plerom in seinen Initialen noch Allseitsteilung zeigt, bald aber zur Horizontalteilung übergeht.

2.

Bei der partiellen Regeneration nimmt nicht die ganze Schnittfläche an der Regeneration teil. Die oben geschilderte Bildung von zwei Vegetationspunkten kann als Grenze der Regenerationsmöglichkeit der operierten Spitze anzusehen sein, da sie bereits durch das Zurückbleiben der Bildungstätigkeit einiger Stellen der Operationsfläche nach Simon bedingt ist.

3.

Die Regeneration kann auch auf endogenem Wege zustande kommen, wobei manchmal die gleichzeitige Bildung einer Vegetationsspitze an einem Teil der Wundfläche nicht gehemmt wird.

4.

Wenn die Vegetationsspitze zu weit abgeschnitten wurde, bildete sich ein Wundabschlussgewebe und die Zellteilung an der Wundfläche hörte auf. Augenscheinlich bewegen sich dann alle Nährstoffe in die Richtung der Seitenknospen, die nicht ihr sonst normales Aussehen, sondern eine beträchtliche Anschwellung aufzuweisen haben. Dies ist der Fall einer kompensatorischen Hypertrophie, die eine Vermehrung und Vergrösserung der Seitenknospen herbeiführt.

Elodea canadensis tritt bei uns bekanntlich nur in einem Geschlecht auf. Die Bildung von Knospen und die Abtrennung der Seitenzweige ist bei ihr die normale Art der Vermehrung. Man sollte, wenn man mit Weismann[61] in der Regenerationsfähigkeit der Organismen eine im Kampf ums Dasein erworbene Eigenschaft zur Erhaltung der Art sieht, annehmen, dass die Bildung von Seitenknospen nach Wegnahme der Sproßspitze regelmässig oder doch in der Mehrzahl der Fälle erfolgen würde. Dies ist keineswegs der Fall und die von mir beobachteten direkten Regenerationen sprechen gegen die Weismann'sche Anschauung. Wir haben in der Regenerationsfähigkeit keine erworbene Eigenschaft der Lebewesen, sondern eine „primäre Zweckmässigkeit", den Ausdruck einer Elementareigenschaft der lebenden Substanz zu sehen.

Königsberg, Botanisches Institut, Juli 1921.

Literatur-Verzeichnis.

1 *Bässler, F.* 1909. Ueber den Einfluss des Dekapitierens auf die Richtung der Blätter an orthotropen Sprossen. Inaug.-Diss. Leipzig. Bot. Ztg. LXVII 1909. I. Abt.

2 *Bertrand.* 1884. Loi des surfaces libres. Comptes rendus. Paris. tome XCVIII. 1884.

3 *Beyerinck, M. W.* 1883. Over regeneratie-verschijuselen aan gespleten vegetatiepunten van stengels en over bekervorming. Ned. Kruidk. Archief. 4e Deel. 1e Stuck. 1883.

4 *Beyerinck, M. W.* 1886. Beobachtungen und Betrachtungen über Wurzelknospen und Nebenwurzeln. 1886.

5 *Burns, G. P.* 1905. Regeneration and its relation to traumatropism. Beih. Bot. Centralbl. XVIII. 1905. Abt. I.

6 *Caspary, R.* 1858. Die Hydrilleen (Anacharideen Endl.). Jahrb. f. wiss. Bot. I. Bd. 1858.

7 *Ciesielski, T.* 1872. Unters. über die Abwärtskrümmung der Wurzel. Cohns Beitr. z. Biologie. 1872. Bd. I, 2.

8 *Darwin, F.* 1880. Power of movement in Plants. London. 1880.

9 *Driesch, M.* 1894. Analytische Theorie der organischen Entwicklung.

10 *Driesch, M.* 1901. Die organischen Regulationen. Leipzig 1901.

11 *Figdor, W.* 1907. Ueber Restitutionserscheinungen an Blättern von Gesneriaceen. Jahrb. wiss. Botanik. XLIV. 1907.

12 *Frank, A. B.* 1868. Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig. 1868.

13 *Göbel, K.* 1898. Organographie. Jena. 1898—1901.

14 *Göbel, K.* 1902. Ueber Regeneration im Pflanzenreich. Biolog. Centralblatt. Bd. 22. 1902.

15 *Göbel, K.* 1903. Morphologische und biologische Bemerkungen. 14. Weitere Studien über Regeneration. Flora XCII. 1903.

16 *Göbel, K.* 1904. Morphologische und biologische Bemerkungen. 15. Regeneration bei Utricularia. Flora XCIII. 1904.

17 *Göbel, K.* 1905. Allgemeine Regenerationsprobleme. Flora Bd. XCV. 1905. Ergänzungsband.

18 *Grau, E.* Unters. über die Regeneration der Vegetationspunkte an abgeschnittenen Sprossen im Hinblick auf die Bildung der Pfropfbastarde. Inaug.-Diss., Königsberg. 1917.

19 *Hertwig, O.* 1906. Allgemeine Biologie. Jena 1906.

20 *Hildebrand, F.* 1898. Die Gattung Cyclamen. Jena 1898.

21 *Janse. J. M.* 1906. Polarität und Organbildung bei Caulerpa prolifera. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. XLII. 1906.

22 *Jensen.* Organ. Zweckmässigkeit. Entwickelung u. Vererbung. Jena 1907.

23 *Klebs, G.* 1888. Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Bot. Inst. Tübingen. Bd. II. 1888.

24 *Klebs, G.* 1904. Ueber Probleme der Entwickelung. Biol. Centralbl. Bd 24.

25 *Küster, E.* 1903. Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903.

26 *Kny, L.* Ueber künstliche Spaltung der Blütenköpfe von Helianthus annuus. Naturw. Wochenschr. N. F. IV. 1905.

27 *Korschelt, E.* 1907. Regeneration und Transplantation. Jena 1907.

28 *Kupfer, Elsie.* 1907. Studies in plant regeneration. Mem. Torr. Bot. Club. XII. 1907. Just. Jahresbericht 35. 1907. I.

29 *Küster, E.* 1916. Phatholog. Pflanzenanatomie. Jena 1916. 2. Aufl.

30 *Küster. E.* 1903. Beobachtungen über Regenerationserscheinungen an Pflanzen II. Beih. z Bot. Centralbl. XV, Heft 2. 1903.

31 *Küster, E.* 1904. Beiträge zur Kenntnis der Wurzel- u. Sprossbildung an Stecklingen. Jahrb. wiss. Bot. XL. 1904.

32 *Ledoux, P.* 1905. Sur la régéneration de la radicule lésée. C. R. Acad. sci Paris. CXLI. 1905.

33 *Lopriore G.* 1895. Vorläufige Mitteilung über die Regeneration gespaltener Stammspitzen. Bericht d. d. Bot. Ges. Bd. XIII. 1895.

34 *Lopriore, G.* 1896. Ueber die Regeneration gespaltener Wurzeln. Nova Acta d. Leopoldin. Academ. 1896. Bd. 66.
35 *Luerssen, Chr.* 1879. Grundzüge der Botanik. II. Auflage. Leipzig 1879.
36 *Magnus, W.* 1906 Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. Natur. Wochenschr. No. 40. 1906.
37 *Morgan, Th. H.* 1907. Regeneration. Dtsch. von Max Moszkowski. Leipzig.
38 *Nêmec, B.* 1905 Studien über die Regeneration. Berlin. 1905.
39 *Noll, F.* 1903. Beobachtungen und Betrachtungen über embryonale Substanz. Biolog. Centralbl. 1903.
40 *Peters, L.* 1897. Beiträge zur Kenntnis der Wundheilung b. Helianthus annuus u. Polygonium cuspidatum. Diss. Göttingen. 1897.
41 *Pfeffer, W.* 1901. Pflanzenphysiologie Leipzig. 1901. Bd. II.
42 *Prantl, K.* 1873. Unters. über die Regeneration d. Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln. Arbeit. d. Bot. Inst. in Würzburg. 1874. Bd I.
43 *Reuber, A.* 1912. Experimentelle u. analytische Untersuchungen über die organisatorische Regulation von Popnlus nigra. Arch. Ent. Mech Organismen. XXXIV. 1912.
44 *Roux, W.* 1914. Die Selbstregulation. Halle. 1914.
45 *Roux, W.* 1905. Die Entwickelungsmechanik. Leipzig. 1905.
46 *Sachs, J.* 1874. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg. I Bd. Leipzig. 1874.
47 *Sachs, J* 1893 Physiologische Notizen. I. Flora. 1893.
48 *Schilberszky.* 1892. Künstlich hervorgerufene Bildung secundärer Gefässbündel bei Dicobyledonen. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. X. 1892.
49 *Simon, S.* 1904. Untersuchungen über die Regeneration der Wurzelspitze. Jahrb. für wiss. Botanik. 40 Bd. 1904.
50 *Spalding, V. M.* 1894. The traumatropic curvature of roots. Ann. of. Bot. V. 8. 1894.
51 *Stingl, G.* 1905. Untersuchungen über Doppelbildung u. Regeneratlon bei Wurzeln. Oestr. Bot. Zeitschr. LV. 1905
52 *Stingl, G.* 1909. Ueber regenerative Neubildungen an isolierten Blättern phanerogamer Pflanzen. Flora Bd. 99 1909.
53 *Strasburger, E.* 1917. Lehrbuch der Botanik. Jena 1917.
54 *Trembley, A.* 1774. Mémories pour servir à l'histoire d'un genre de Polipes d'eau douce. Leide. 1774.
55 *Vöchling, H.* 1887. Ueber die Bildung der Knollen. Bibl. botanica. IV.
56 *Vöchling, H.* 1878. Ueber Organbildung im Pflanzenreich. I. Teil. Bonn.
57 *Vöchling, H.* 1904. Ueber die Regeneration der Araucaria excelsa. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 40. 1904.
58 *Vöchling, H.* 1906. Ueber Regeneration und Polarität bei höheren Pflanzen. Bot. Ztg. VI.—VIII 1906.
59 *Voges, E.* 1912. Allg. Betrachtungen über Regenerationsvorgänge. Biol Centralbl. XXXII. 1912. Heft 12.
60 *Wakker, S. H.* 1885. Onderzoekingen over adventive Knoppen. Acad. proef-chift. Amsterdam. 1885.
61 *Weismann, A.* 1892. Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena.
62 *Winkler, H.* 1902. Nachträgliche Umwandlung von Blütenblättern u. Narben in Laubblättern. Ber. d. d. Bot. Ges. Bd. XX. 1902.
63 *Winkler, H.* 1902. Ueber die Regeration der Blattspreite bei einigen Cyclamenarten. Ber. d. d. Bot. Ges. XX. 1902
64 *Winkler, H.* 1903 Ueber regenerative Sprossbildung auf den Blättern von Torenia asiatica. Ber. d. d. Bot. Ges. XXI. 1903.
65 *Winkler, H.* 1905. Ueber die regenerative Sprossbildung an den Ranken, Blättern und Internodien von Passiflora coerulea L. Ber. d. d. Bot. Ges XXIII. 1905. Heft 1.
66 *Winkler, H.* 1912. Entwickelungsmechanik oder Entwickelungsphysiologie der Pflanzen. Handwört. d. Naturwiss. III. 1912.
67 *Zimmermann.* 1892. Die Botanische Mikrotechnik. Tübingen. 1892.

Lebenslauf.

Ich, **Regina Cahn,** geb. Jadlowker, mosaischer Konfession, wurde am 4. April 1896 in Riga als Tochter des Kaufmanns Elias Jadlowker geboren. Ich absolvierte 1914 das Gymnasium in Riga, bestand 1915 die Prüfung als Kindergärtnerin und unterrichtete an einer Volksschule. Im September 1916 wurde ich an dem Moscauer-Frauen-Polytechnikum immatrikuliert und studierte 2 Semester Architektur. Ich bestand die Prüfung in allen vorgeschriebenen Fächern. Wegen des Krieges musste ich mein Studium unterbrechen und war 1917—1918 als Lehrerin an einer Volksschule der deutschen Militärbehörde tätig. Im Herbst 1918 wurde ich an der Technischen Baltischen Hochschule zu Riga immatrikuliert und studierte 2 Semester Landwirtschaft. Am 22. Oktober 1919 setzte ich mein Studium an der Albertus-Universität zu Königsberg fort und bestand im Februar 1921 das Diplomexamen. Von da an studierte ich noch 2 Semester Botanik.

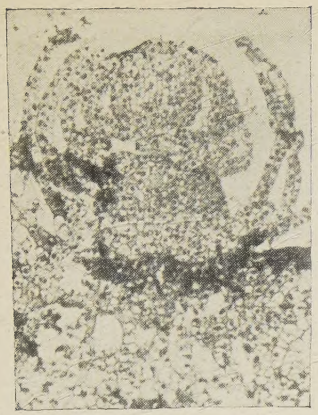

Fig. 1

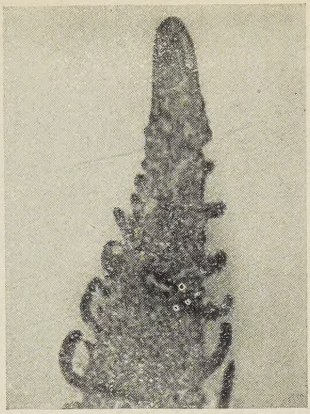

Fig. 2

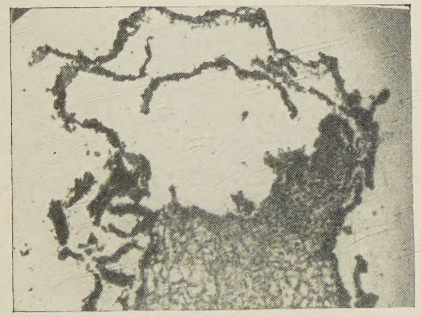

Fig. 3

Fig. 4

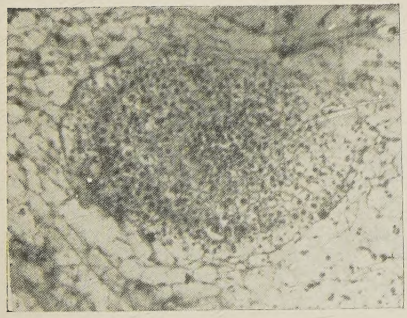

Fig. 5

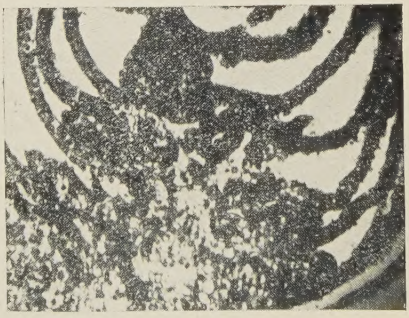

Fig. 6